

Бассейны рек Озерной и Паужетки начали изучаться в геологическом отношении с 30-х годов. Первые работы проводились экспедициями СОПСа и Дальневосточного геологического треста. Некоторые из них, имея узко-поисковое задание, охватывали съемкой незначительные участки района.

В 1937 г. экспедицией СОПСа, возглавляемой Б. И. Пийпом, была проведена маршрутная съемка в районах р. Озерной, вулканов Ильинского, Желтовского, восточного склона Голыгинского хребта и далее на север. Этими работами было положено начало возрастного деления вулканических и осадочно-вулканогенных пород, слагающих район.

В 1952 г. Пятое геологическое управление начало систематическое изучение геологического строения южной оконечности Камчатского полуострова. Работы велись двумя партиями, возглавляемыми геологами А. Г. Тимофеевым и В. М. Чапышевым, давшими в своих отчетах первую характеристику структуры района.

В последующий этап, в связи с конкретным изучением Паужетских термальных источников в энергетических целях, были проведены более детальные геологические работы на ограниченной площади, в пределах бассейна р. Озерной и ее левобережных притоков.

Так, в 1955 г. экспедиция Лаборатории вулканологии АН СССР под руководством А. Е. Святловского попутно с гидрогеологическим обследованием района Паужетских термальных источников изучала его геологическое строение. А. Е. Святловским была составлена схематическая геологическая карта и описана структура района, где основной упор сделан на выделении структурного трога.

В 1958 г. В. В. Аверьев на основании своих маршрутов и по материалам предыдущих исследований составил схематическую геологическую карту, более подробную по сравнению с предыдущей. В результате этих работ были получены дополнительные данные о породах и структуре района от Охотского побережья до восточного берега Курильского озера. При составлении карты был использован материал, полученный при бурении 800-метровой роторной скважины (Аверьев, 1961; Аверьев и Святловский, 1961).

Летом 1959 г. Камчатским геологическим управлением была поставлена геологическая съемка. Партией, возглавляемой С. Е. Апрельковым, был собран большой фактический материал, на основании которого составлена геологическая карта.

В итоге работ в районе выделены отдельные стратиграфические комплексы, границы которых были прослежены на всей рабочей площади. Для возрастной характеристики пород была сделана попытка использовать спорово-пыльцевой анализ. В целом по району он не дал положительных результатов, так как споры и пыльца в образцах были плохой сохранности или вообще отсутствовали. Исключение составили данные спорово-пыльцевого анализа по образцам, отобраным из керна роторной скважины В. В. Аверьевым и выполненного в спорово-пыльцевой лаборатории кайнозойских отложений Института геологии АН СССР. Возрастная корреляция осадочно-вулканогенной толщи производилась в районе р. Саван, где была обнаружена фауна третичного возраста.

В 1960—1961 гг. В. И. Белоусовым проводились маршрутные исследования к северу и востоку от юз. Курильского и в районе мыса Сивучьего на юге.

В результате этих маршрутов были выяснены в общих чертах взаимоотношения пород на всей площади от Охотского моря на западе до бухты Вестник на востоке и от широты вулкана Желтовского на севере до широты вулкана Кошелевского на юге.

В настоящем разделе суммируется фактический материал, собранный в основном сотрудниками Лаборатории вулканологии АН СССР, а также данные по съемке С. Е. Апрелькова.

#### ПОРОДЫ, СЛАГАЮЩИЕ РАЙОН

Изученный район сложен в основном осадочно-вулканогенным комплексом пород. Большая часть площади покрыта эффузивными и пирокластическими образованиями основного, андезитового или дацитового состава. Осадочные образования, являясь главным образом продуктами разрушения лавового и туфового материала, занимают большей частью пониженные формы рельефа по долинам рек и в прибрежной полосе Охотского моря, Тихого океана и Курильского озера (рис. 2).

#### Третичные образования (анавгайская серия Pg—Nj)

Наиболее древние отложения района относятся А. Е. Святловским, В. В. Аверьевым (1961) и С. Е. Апрельковым к третичному возрасту. Они обнажаются на Охотском побережье в верховьях небольших рек, в основании западного борта долины Паужетки, на востоке они слагают хр. Беляева, а на севере — Голыгинский хребет. Породы представлены туфами, туфобрекчиями, лавами андезитов и базальтов. В низах этой толщи преобладает пирокластический материал; в верхней же части разреза глав-

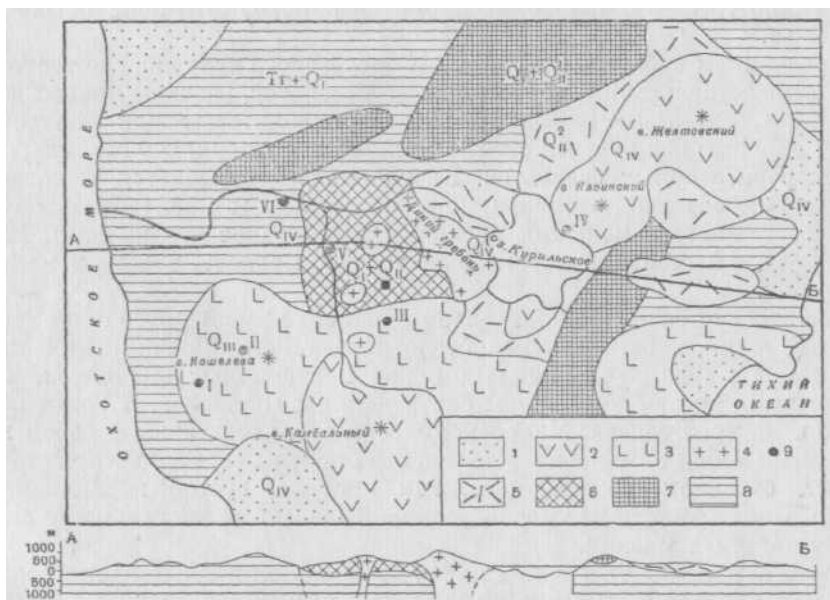


Рис. 2. Схема геологического строения района Паужетских источников

1 — современные прибрежно-морские отложения, 2 — современные эффузивные пирокластические образования; 3 — верхнечетвертичные эффузивные и пирокластические образования; 4 — лавы и экструзии дацитового состава; 5 — пемзовые образования; 6 — туфы Паужетской свиты; 7 — спекшиеся туфы и игнимбриты Голыгинского горизонта; 8 — эффузивные и пирокластические образования анавгайской и алнейской серий; 9 — источники: I — Нижнекошелевские, II — Верхнекошелевские, III — Камбалные, IV — Курильские, V — Паужетские, VI — Озерновские

ную роль играют лавовые потоки. Такая закономерность особенно хорошо прослеживается в разрезах Голыгинского хребта. На Охотском побережье третичные породы представлены в основном лавовыми потоками базальтов. Среди толщи пирокластических пород третичного возраста широки распространены лавовые потоки оливиновых и плагиоклазовых базальтов. Мощность лавовых потоков обычно не выходит за пределы нескольких десятков метров. Часто встречаются дайки также базальтового состава.

В месте выхода Паужетских термальных вод третичные отложения залегают, по данным бурения, на глубине 650 м и представлены полимиктовыми песчаниками. Полимиктовые песчаники отмечены в Камбальном хребте, на восточном берегу Курильского озера, а также в разрезе хр. Беляева, где они наклонены на 5—7° на северо-восток. Эти песчаники имеют явно осадочное происхождение. Для них характерна равномерная зернистость, что обусловлено хорошей сортировкой материала, слоистость и полимиктовый состав обломков.

В 1963 г. на восточном склоне Камбального хребта в нижнем течении р. Хакыцын, Г. А. Карповым собрана коллекция морской фауны пелели-под. К настоящему времени она еще не отработана, но по предварительным данным относится к миоцену.

Видимая мощность эффузивного комплекса третичных пород составляет около 1200 м. Мощность осадочных образований наверняка превышает 150 м, но точных данных об их истинной мощности не имеется. С. Е. Апрельковым третичные образования района датируются как ниже-среднемиоценовые и объединяются в курильскую свиту. Для всей толщи третичных пород характерен палеотипный облик. Лавы разбиты густой сетью трещин. Огромные поля пород переработаны гидротермальными процессами и превращены во вторичные кварциты и глины. Особенно большие поля вторичных кварцитов находятся в отрогах Голыгинского хребта. Они фиксируются также в полосе вдоль западного борта долины Паужетки. Отдельные пятна гидротермально измененных третичных пород отмечены на Охотском побережье.

На западном побережье в районе Кошелевского вулкана, где третичные породы представлены в основном лавами базальтов, развиты процессы глинизации. Среди глин (вероятно, монтмориллонитовых или нонтронитовых), окрашенных бурыми окислами железа, сохранились огромные глыбы переработанных базальтов. Визуально не отмечается какого-либо уменьшения объема материала, которое могло бы происходить за счет неравнообъемного замещения первичных минералов вторичными. Подобного же рода изменения характерны для хр. Беляева, только в меньших масштабах.

Значительно более широкое распространение имеет другой тип вторичных изменений, характеризующийся образованием широких полей кварцсерицитовых, серицито-кварцевых пород и вторичных кварцитов. Такие породы встречаются в западном борту долины Паужетки, в Голыгинском хребте и на хр. Беляева. Макроскопически они представляют собой мономинеральные или биминеральные прочные породы серого цвета часто с синеватым оттенком, обогащенные, как правило, густой вкрапленностью пирита. Поля измененных пород хорошо выделяются визуально по светло-бурому цвету обнажений.

Часто изменение третичных пород выражается в образовании больших количеств халцедона. Обычно он встречается в пирокластических образованиях в виде вторичного цемента. На хр. Беляева зафиксированы крупные кварцевые жилы, достигающие мощности 1 м. В жилах отмечается образование друз горного хрусталя.

<sup>1</sup> Точных определений не производилось.

**Древнечетвертичные (?) отложения**  
**(алнейская серия  $N_1^3 - N_2$ , по С. Е. Апрелькову)**

Образования, относимые нами предположительно к древнечетвертичным отложениям, пользуются в районе исключительно широким распространением. По своим литологическим особенностям они отчетливо подразделяются на три фациальные (группы пород. Первая группа представлена андезито-базальтовыми лавами и туфобрекчиями, вторая — спекшими-ся туфами дацитов и игнимбритами и, наконец, к третьей группе относятся псефитовые пемзовые туфы дацитов. Эти три группы пород соответствуют выделенным С. Е. Апрельковым свитам: алнейской, голыгинской и паужетской.

Андезито-базальтовые лавы и туфобрекчии. Из древнечетвертичных отложений породы этой свиты пользуются в районе наиболее широким распространением. Пространственно они связаны с третичными эффузивами и занимают большие площади как на Охотском, так и на Тихоокеанском побережьях.

В западной части района древнечетвертичные образования представлены эффузивным комплексом пород: туфами, туфобрекчиями, лавами андезитов и базальтов. В нижней части разреза преобладает туфовый материал, переслаивающийся с маломощными потоками базальтов, в верхней части разреза — лавы, в основании представленные оливиновыми и плагиоклазовыми базальтами и выше — андезитами. Мощность отдельных лавовых потоков не превышает первых десятков метров. Обычно породы имеют свежий облик, слабо трещиноваты.

Лавовые потоки сохранили свою первоначальную форму. Для них характерно периклинальное залегание, по которому можно восстановить первоначальные очертания древних вулканических массивов, в западной и юго-западной частях района. Склоны гор, сложенных древнечетвертичными образованиями, расчленены редкой речной и овражной сетью.

В восточной части района, восточнее Курильского озера, образования древнечетвертичного возраста представлены менее широко. В разрезе хр. Беляева они залегают на третичных песчаниках и представлены в основании 200-метровой туфовой толщей, в которой отмечаются маломощные лавовые потоки базальтового состава. Вверху толща туфов перекрывается туфобрекчией, в свою очередь перекрытой мощной толщей андезитовых лавовых потоков.

Разрез древнечетвертичных отложений в обнажениях тихоокеанского побережья у мыса Филюшова и устья ручья Уступного сложен вулканогенно-осадочными породами. Эта слоистая осадочная толща представляет собой частое чередование аргиллитов, алевролитов и песчаников с редкими лавовыми потоками базальтов. Разрез завершается лавами андезитов. Эта толща образует моноклираль, падающую в северо-восточном направлении под углом 10—15°.

Мощность эффузивно-осадочной толщи основных пород составляет около 800—1000 м в западной и 700—800 м в восточной части района.

Спекшиеся туфы и игнимбриты (голыгинский горизонт  $N_2$  по С. Е. Апрелькову).

Кристалловитрокластические спекшиеся туфы и игнимбриты дацитового состава в пределах исследуемого района слагают обширные площади к северу от р. Озерной и к востоку от Курильского озера. Они залегают на эффузивных образованиях третичного и древнечетвертичного возраста практически горизонтально и образуют выровненные поверхности, в редких случаях имеющие слабый наклон.

Строение толщи довольно однообразное. Низы сложены плотным спекшимся туфом светло-серого цвета. В отдельных разрезах толща начинается типичным игнимбритом с лепешечками темного вулканического стекла (фьямме), ориентированными в горизонтальной плоскости. В туфах встре-

чаются редкие обломки лав базальтов. Обломочная часть туфов и игнимбритов представлена обломками кристаллов плагиоклаза и кварца, реже роговой обманки. Большая часть породы сложена обломками, рогульками вулканического стекла. Цементирование произошло за счет спекания частиц вулканического стекла. В игнимбритах наблюдается сваривание. В верхней части разреза правого борта р. Озерной увеличивается количество и размер обломков кристаллов кварца, плагиоклаза и наблюдается уменьшение вулканического стекла, в результате чего туф быстро выветривается и образует своеобразные скульптурные останцы, имеющие большей частью грибообразную форму.

В долине Паужетки спекшиеся туфы были вскрыты бурением на глубине 380 м. Ниже, начиная с глубины 570 м, залегает туфобрекчия андезитов и базальтов, межобломочный материал, который близок по химическому составу к спекшимся туфам. Мощность спекшихся туфов и игнимбритов определяется в пределах 150—300 м.

Псефитовые пемзовые туфы (паужетская свита  $N_2^3$  —  $Q_1$ , по С. Е. Апрелькову).

Фация псефитовых пемзовых туфов распространена на ограниченной и сравнительно небольшой по размерам площади. Выходы ее имеются в верхней части долины р. Озерной, у юго-западного подножия вулкана Дикий Гребень и в северной части Камбального хребта. Она была вскрыта также скважинами в долине Паужетки.

Псефитовые туфы дацитов — это легкая, пористая, прочно сцементированная порода с литовитрокластической структурой, где обломки в большинстве своем представлены пемзой. Заполняющая масса состоит из пепловых частиц. Цвет туфа светло-бурый. В разных частях района псефитовые туфы, хотя и объединяются в общую свиту, не однородны по возрасту и условиям накопления. У юго-западного подножия вулкана Дикий Гребень и в долине р. Озерной толща, вероятно, является первично отложенной. Следов какой-либо слоистости не наблюдается. Привнос материала другого состава (обломки андезитов, базальтов) отсутствовал. Локальное развитие псефитовых туфов дацитов, отсутствие сортировки материала и текстурные признаки позволяют говорить об эксплозивном характере образования описанной толщи. В противовес этому, на севере Камбального хребта и его северо-западном склоне, а также в долине Паужетки алевропелитовые и псефитовые пемзовые туфы переотложены. Для толщи характерно грубослоистое строение. Как удалось установить в одном из обнажений, в ней наблюдается два полных ритма. В низах разреза обнажается исефитовый туф. Вверх по разрезу он довольно резко сменяется алевропелитовым туфом, на котором в свою очередь залегает подобного же рода пачка, состоящая в низах из псефитовых туфов иверху из плотных алевропелитовых туфов.

В обнажениях по правому нижнему притоку р. Паужетки персотложенные туфы подстилаются песчаниками третичного возраста. В северной части Камбального хребта, под Пиком Скалистым они залегают на непереотложенных псефитовых пемзовых туфах дацитов.

Туфы паужетской свиты, залегающие на западном склоне Камбального хребта, падают на северо-запад под углом 10—20°. Такое же падение они сохраняют в долине Паужетки. На восточном склоне хребта их падение меняется на восточное и северо-восточное.

Мощность паужетской свиты в целом оценивается в 450—500 м.

О датировке древнечетвертичных (?) отложений.

В настоящее время по поводу возраста образований, отнесенных условно к древнечетвертичным, существуют разногласия. Согласно представлениям авторов, описанные выше вулканогенные образования имеют молодой — четвертичный возраст. Другая точка зрения — о более древнем, третичном возрасте этих пород — выдвинута С. Е. Апрельковым.

Разногласия обусловлены отсутствием находок фауны и флоры в пределах района, без которых нельзя провести четкую границу между четвертичными и третичными образованиями. Однако ряд фактов, как нам кажется, косвенно указывает на четвертичный возраст большинства образований района.

Одним из характерных признаков молодости большинства образований является их свежесть, слабая трещиноватость, слабая метаморфизация или полное ее отсутствие. Многие лавовые потоки сохранили свой первоначальный облик и слабо подверглись эрозионным процессам.

О четвертичном возрасте большинства осадочно-вулканогенных образований свидетельствуют данные спорово-пыльцевого анализа, полученные при исследовании образцов переотложенного псефитового туфа из роторной скважины.

Среди комплекса пыльцы травянистых растений встречаются: *Rumex*, *Artemisia*, *Umbelliferae* и др.; зерна пыльцы *Juglans*, *Myricaceae* (off. *Myrica*), *Rhus*, *Carpinus*. Такие сочетания могут свидетельствовать либо о переотложении более древних видов в период седиментации четвертичных осадков, либо о более древнем, чем четвертичный возраст изучаемой толщи. Генезис осадков, по мнению Е. Д. Заклинской, исключает возможность переотложения.

Однако выше уже было изложено, что толща псефитовых туфов, вскрытых скважинами, имеет осадочное происхождение, т. е. породы претерпели перенос и переотложение. Таким образом, нельзя сделать вывод о плиоценовом возрасте этих образований, а нужно судить о возрасте толщи по спорам и пыльце четвертичных форм. Количественные соотношения третичных и четвертичных спор и пыльцы могут быть разными. Так, например, установлено, что в современных осадках Охотского моря присутствует около 50 % спор и пыльцы третичного возраста.

В пределах четвертичного периода возраст толщи переотложенных псефитовых туфов, вероятно, не является древним, так как в спектрах спор и пыльцы этой толщи имеются отдельные формы: *Betula sect*, *Nanae*, *Alnus* sp., *Umbelliferae*, *Craminaceae*, *Polypodiaceae*, которые входят в спектры спор и пыльцы заведомо молодых образований, слагающих правобережную террасу нижнего течения Паужетки. По определению Е. Д. Заклинской, они относятся к верхним горизонтам четвертичной системы.

По нашему мнению, толщу псефитовых переотложенных туфов можно отнести к самым верхним горизонтам в комплексе древнечетвертичных пород. Положение этой толщи позволяет, конечно, с большой долей условности, экстраполировать возрастные определения на другие смежные осадочно-вулканогенные образования, учитывая условия залегания и соотношения в разрезе различных типов пород и толщ, которые они слагают.

### **Среднечетвертичные образования (пемзовые отложения)**

В районе исследования пользуются большим распространением мощные толщи пемз. В целом они тяготеют к восточной части района и концентрируются в верховьях р. Озерной, к северу и к югу от Курильского озера, а также на водоразделе между Курильским озером и Тихим океаном. Пемзы залегают на породах различного возраста. Так, в верховьях р. Озерной (рис. 3) пемзовые отложения залегают на толще агломератовых пемзовых туфов. По р. Хахыцын они подстилаются спекшими туфами. В русле р. Ильинской пемзовые отложения налегают на базальтовый лавовый поток, а в районе хр. Беляева установлено, что они прислонены к третичным эффузивам. Общая же тенденция такова, что пемзы развиты в тех местах, где имеются сходные с ними по химическому составу псефитовые и

<sup>1</sup> Определение произведено Е. Д. Заклинской.

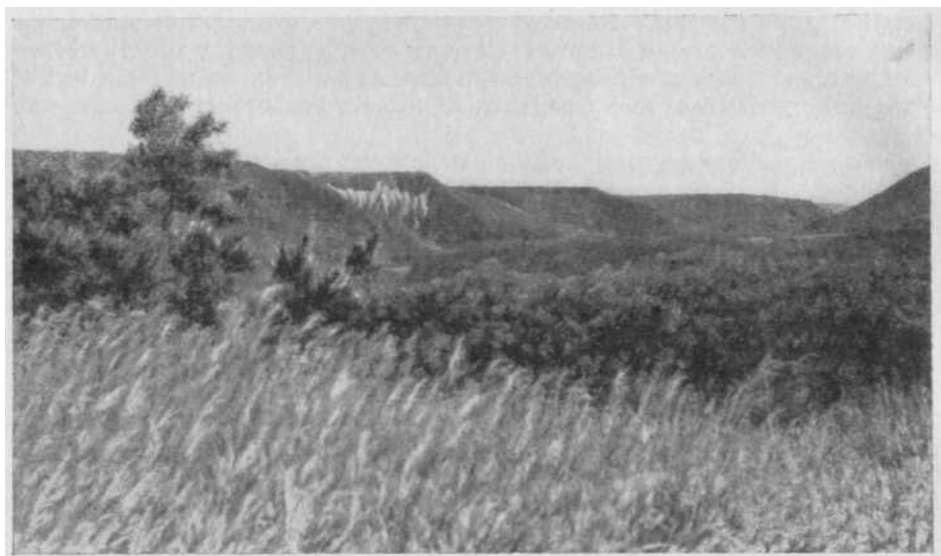


Рис. 3. Пемзовые террасы в верховьях р. Озерной.

Фото В. В. Аверьева

спекшиеся туфы дацитов. Главная масса пемз приурочена к пониженным, межгорным участкам территории.

Пемзовые отложения однородны в своем строении. В толще наблюдаются редкие обломки или гнезда и линзы обломков лав базальтов, андезитов и дацитов, но они играют очень незначительную роль. Пемза дацитового состава пористая, легкая, часто имеющая волокнистое строение.

Мощность пемзовых отложений определяется величиной от нескольких десятков метров до 150—200 м.

Образование таких мощных и обширных отложений пемз, вероятно, произошло в водной обстановке, так как без этого трудно себе представить, чтобы породы явно эксплозивного происхождения имели мощность, выдержанную на большие расстояния, и образовывали единую ровную поверхность.

### **Верхнечетвертичные и современные эффузивные образования**

В настоящем комплексе трудно выделить более дробные стратиграфические единицы. Образование и развитие большинства современных вулканических форм происходило на протяжении последних этапов четвертичного периода, и этот вулканогенный комплекс целесообразнее рассматривать в целом, не вводя условное возрастное деление.

Верхнечетвертичные и современные отложения слагают существующие в настоящее время вулканические массивы: Желтовский, Ильинский, Камбальный, Кошелевский, Дикий Гребень. Они развиты также в юго-восточной части Камбального хребта, в виде лавовых и экструзивных образований.

Образования выделенного вулканогенного комплекса перекрывают породы разного возраста. На Охотском побережье лавы Кошелевского вулкана залегают на третичных и древнечетвертичных пирокластических и лавовых образованиях. В северной части Камбального хребта лавы базальтов, андезитов и их брекчии залегают на переотложенных псефитовых и алевропелитовых туфах древнечетвертичного возраста. Лавовые и пирокластические отложения вулканов Ильинского и Желтовского залегают на спекшихся туфах и пемзах.

Большинство вулканов сложено базальтами, андезитами и их шлаками. Из них по своему составу выделяется Дикий Гребень, образованный лавами дацитового состава. Вероятно, в связи с составом материала, вулкан имеет своеобразную форму: это большой однородный по составу купол, от которого в субширотном направлении распространяются лавовые потоки.

Среди эффузивного комплекса пород верхнечетвертичного возраста заслуживают внимания экструзивные образования, сложенные дацитами и прорывающие толщу осадочных пород. Они располагаются на западном склоне Камбального хребта, где в настоящее время проявляется гидротермальная деятельность и выходят паровые струи. Экструзивные куполы, прорвавшие осадочную толщу алевропелитовых и псефитовых туфов, дали небольшие лавовые потоки. С ними пространственно и, вероятно, генетически связаны кристалловитрокластические спекшиеся туфы северного склона хребта, имеющие мощность порядка 200—250 м и залегающие на псефитовых и алевропелитовых туфах.

### *Верхнечетвертичные и современные аллювиальные образования*

Аллювиально-озерные осадочные отложения верхнечетвертичного возраста наиболее полно представлены в районе впадения р. Паужетки в р. Озерную. Озерные образования состоят из алевролитов, которые вверх сменяются переотложенной горшковой пемзой. Часто между ними имеются маломощные линзы конгломератов и прослойки глин, обогащенных органикой, местами глины, обогащенные органикой, переходят в слой торфа.

Современные аллювиальные образования развиты по долинам рек и морскому побережью. Представлены они аллювиальным валунно-галечным материалом и морскими песками, слагающими береговые валы. На восточном побережье в междуречье рек Ильинской и Уральской за береговыми валами получили распространение торфяники.

### **СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА РАЙОНА И ПУТИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ**

В современной макроструктуре района наиболее видная роль принадлежит четвертичным вулканическим сооружениям. Андезито-базальтовые вулканы — Кошелевский, Камбальный, Ильинский и Желтовский, а также центр извержения кислых лав — вулкан Дикий Гребень занимают все вместе около одной трети общей территории и по высоте господствуют над окружающей местностью.

Кошелевскому и Камбальному вулканам присуще особое строение — в виде хребтов. Желтовский и Ильинский вулканы конусовидной формы. Вулкан Дикий Гребень морфологически отличен от них. Лавовые потоки его имеют своеобразную «морщинистую» поверхность. Центр вулкана — гора Неприятная не имеет ничего общего с конусами андезито-базальтовых стратовулканов, представляя собой однородный дацитовый купол. Объясняется это своеобразием физико-химическими свойствами извергавшегося материала.

Особое положение в структурном плане района занимает Камбальный хребет. Северная часть его, сложенная переотложенными туфами, перекрытыми лавами и брекчиями древнего Камбального вулкана, в настоящее время тектонически приподнята и представляет собой антиклиналь. На западном склоне хребта выступают хорошо выраженные морфологически дацитовые куполы. Структурной особенностью района является то, что молодые четвертичные вулканы не наращивают древний фундамент, а наоборот — располагаются на тех участках, где древние породы (в частности, третичные) не выходят на дневную поверхность. Участки, сложенные третичными и древнечетвертичными (?) породами и как бы окружающие молодые вулканические сооружения, имеют различную конфигурацию



и строение. На Охотском побережье, в пределах (развития древних пород, выделяются обособленные друг от друга массивы, представляющие собой останцы древних вулканических аппаратов.

У многих из них еще сохранились ровные поверхности лавовых потоков. Однако вершинные части бывших вулканов разрушены эрозионными процессами. Лавовые потоки западного борта долины Паужетки образуют куэстовые поверхности (в западной части Голыгинского хребта, на востоке хр. Беляева, южнее Курильского озера). Обширное поле третичных пород в северной части района не может быть дифференцировано с такой же четкостью и выглядит как единое целое.

Крупная отрицательная структура района — впадина Курильского озера, дно которого в отдельных местах находится на 200 м ниже уровня моря. Судя по распространению пемзовых террас, тяготеющих к озеру, современный водоем размером 10 X 9 км наследует часть более древнего и обширного бассейна, имевшего неправильные очертания и, возможно, соединявшегося с морем. Современные берега озера образованы лавами молодых вулканов, и лишь в юго-восточной части современная береговая линия примерно совпадает с границей древнего бассейна.

Вторая впадина, выраженная, правда, не столь резко, находится в районе сочленения долин Паужетки и Озерной. Она стала местом накопления переотложенных туфов и озерных отложений.

Некоторые дополнительные сведения о структуре района дает анализ геофизических материалов, в частности аэромагнитной карты Л. А. Ривоша, интерпретация которой составлена Г. А. Карповым и Г. П. Яроцким,

На карте изодинам отчетливо отбиваются вулканические аппараты (положительные аномалии высокого порядка). Наблюдается прямая зависимость поля от состава пород, морфологии и высоты сооружения. Конусовидные стратовулканы Желтовский и Ильинский, имеющие основной состав лав, характеризуются положительными аномалиями высокого порядка изометричной формы. Вулканы Кошелева и Камбальный, тоже сложенные преимущественно породами основного состава, но представляющие собой хребты широтного и меридионального направления, отбиваются изодинамами этого же направления и формы.

Интересная особенность отмечается для вулканического сооружения Дикий Гребень. Высокий порядок аномалии, наблюдаемый над ним, свидетельствует об основном составе слагающих вулкан пород (учитывая общие закономерности, подтвержденные по другим вулканам района). Однако геологические данные позволяют говорить о кислом характере покровов и экструзивного купола, венчающего сооружение. Интерпретируя геофизические данные, удалось установить, что кровля тела, вызывающего положительную магнитную аномалию, находится на глубине порядка 700—800 м. Сравнение порядка аномалии над этим вулканом с порядком аномалий над вулканами Желтовским и Ильинским с достоверно-основным составом изверженного материала обнаруживает большое сходство в значениях. Естественно предположить, что у Дикого Гребня на глубине 700—800 м находятся магнитоактивные породы основного состава. Следовательно, дацитовая экструзия явилась последним пароксизмом в деятельности вулкана, прикрывшим более основные образования древних извержений.

Отрицательные аномалии в районе Курильского озера связываются с отрицательным рельефом, так как аэромагнитная съемка очень четко отражает морфологические особенности местности, а озеро имеет значительную глубину (порядка 300 м).

Отрицательные аномалии на третичных отложениях на участке к западу от устья р. Паужетки и положительные аномалии на отложениях того же возраста и состава на Голыгинском хребте не противоречат общим закономерностям, установленным для района. Они вполне объяснимы, если учесть, что для третичных образований вообще характерна широкая вари-

ция магнитной восприимчивости от практически немагнитных до магнитных. Участки и зоны пород, подвергшиеся интенсивным изменениям, могут быть или насыщены магнитоактивными компонентами (привнос и перетолжение) и тогда будут характеризоваться положительной аномалией, или процесс выщелачивания приводит к полному обеднению магнитными компонентами и вторичному окварцеванию (формация вторичных кварцитов), что, естественно, дает отрицательную аномалию магнитного поля. Участок к западу от устья Паужетки как раз и представляет собой зону интенсивного вторичного окварцевания. Таким образом, общая структура района характеризуется мозаичным строением и, по всей ведомости, еще далека от консолидации. История формирования структуры трактуется по-разному. А. Е. Святловский и В. В. Аверьев (1961) большую роль придают резко дифференцированным движениям в земной коре, благодаря которым в древнечетвертичное время на южной оконечности Камчатки образовались глубокие впадины, ставшие впоследствии ареной молодой вулканической деятельности. Участии, сложенные третичными и древнечетвертичными породами, рассматриваются, согласно этой концепции, как остатки более древней структуры, не вовлеченные в прогибание.

Существование опусканий с большой амплитудой подтверждается бурением. Установлено, что древнечетвертичные спекшиеся туфы в долине Паужетки залегают в настоящее время на глубине от 280 до 470 м ниже уровня моря, в то время как образование этой фации могло произойти, вероятней всего, только в наземных условиях. Однако в этих построениях имеются уязвимые места, так как выделенные зоны прогибания не находят своего продолжения на севере, а их действительные очертания мало похожи на те правильные формы, которые им вначале приписывались («структурный трог», по А. Е. Святловскому).

С. Е. Апрельков по основным моментам придерживался концепции, выдвинутой А. Е. Святловским и В. В. Аверьевым (1961), но высказался в общих чертах за идею существования кальдеры третичного щитового вулкана. По его мнению, выходы третичных вулканогенных толщ представляют не что иное, как ее останцы. Центральная часть заполнена Паужетской свитой, которая впоследствии была прорвана кислыми экструзиями. Летом 1963 г. в этом районе Камчатским геологическим управлением проводилась гравиметрическая съемка, данные которой позволили исследователям высказаться в поддержку гипотезы о существовании кальдеры в изученном районе. С. Е. Апрельков образование игнимбритов и спекшихся туфов связывает с ее образованием.

В. И. Белоусов рассматривает теорию развития района с иных позиций. Согласно его представлениям, массивы, сложенные древними породами, представляют собой вулканические острова, некогда существовавшие в древнечетвертичном море. С течением времени вулканизм захватывал все большую и большую площадь в межостровном пространстве, а продукты его деятельности — лавы и туфы — заполняли морские впадины, наращивая таким образом континент.

В целом вопрос о формировании структуры района требует дальнейшей разработки. Весьма вероятно, что наиболее рациональной схемой явится синтез изложенных концепций.

### **Краткая характеристика гидротермальной деятельности в районе**

Южная оконечность Камчатки характеризуется исключительно интенсивной и разнообразной гидротермальной деятельностью. Помимо Паужетских кипящих источников, здесь известны выходы теплых и горячих вод с углекислым газом и сероводородом, а также многочисленные газопаровые струи.

Краткое представление о мощности гидротерм района дает помещаемая ниже табл. 1.

Приведенные в таблице данные о дебите по степени точности далеко не равноценны. У источников он замерен с большой тщательностью, а у паровых струй — либо весьма приблизительно, либо вообще оценен только визуально. Тем не менее, даже такие ориентировочные данные позволяют констатировать следующее.

Таблица 1

**Тепловая мощность гидротерм на южной оконечности Камчатки**

Источники	Место выхода	Высота выхода, м	Температура, °С	Энтальпия, ккал/кг	Дебит, кг/сек	Тепловая мощность, ккал/сек
Углекислые						
Сивучинский	Подножие Кошелевского вулкана	250	48	48	0,4	20
Медвежий	Подножие Камбального вулкана	700	26	26	7	180
Тепловские	Подножие Камбального вулкана	200	20	20	15	300
Курильские	Подножие Ильинского вулкана	100	23		Незначит.	Незначит.
Сероводородные						
Озерновские	Среднее течение р. Озерной	50	84	84	8	670
Азотно-углекислые						
Паужетские	Северо-западное подножие Камбального хребта	100	100 на входе, до 200 на глубине	150	100 (в естеств. усл.)	15000
Сероводородно-углекислые паровые струи						
Восточно-Паужетские	Северо-западный склон Камбального хребта	300	98	639	До 1	640
Северо-Камбальные	Осевая зона Камбального хребта	700—1000	97—98	639	Около 4—5	3200
Южно-Камбальные						2500
Нижне-Кошелевские	Сомма Кошелевского вулкана	750	98	639	Около 15	9600
Верхне-Кошелевские		1400	94—124	639	Около 25	16000

Вынос тепла (имеется в виду вынос тепла гидротермами) в исследуемом районе осуществляется главным образом паровыми струями, на долю которых падает более 60% тепловой мощности, и кипящими Паужетскими источниками (около 30% в естественных условиях до начала бурения). В выносе горячих водных масс ведущая роль принадлежит Паужетским источникам (примерно 50% от общей суммы) и паровым струям (около 30%). Суммарная мощность высокотемпературных гидротерм превышает 90% в выносе тепла и 80% в выносе горячих водных масс. На этом фоне роль источников с температурой ниже 100° выглядит совершенно незначительной.

Выходы высокотемпературных гидротерм приурочены к двум крупным структурам: массиву Кошелевского вулкана и Камбальному хребту. По сравнению с другими четвертичными вулканами — Ильинским, Желтовским, Диким Гребнем — эти образования характеризуются длительной и сложной историей. Мощная гидротермальная деятельность возникла здесь на последних этапах развития вулканов.

Однако о связи гидротерм с вулканизмом можно говорить лишь в самом общем плане. Эти связи, как отмечает С. И. Набоко (1959), имеют парагенетический характер и обусловлены единым, общим источником тепла и эндогенных эманации. Что же касается самих вулканических аппаратов, то они не играют сколько-нибудь существенной роли в формировании гидротерм. Характерно, что выходы гидротерм в исследуемом районе резко разобщены с эруптивными центрами. Это относится как к Кошелевскому вулкану, так и особенно к Камбальному хребту, вся северная часть которого не является вулканической, а образовалась в результате тектонического поднятия.

На Кошелевском вулкане имеются две мощные, концентрированные группы паровых струй. Одна из них — Нижне-Кошелевская — находится на внешнем западном склоне старой соммы, располагаясь на отметке 750 м. Дебит пара здесь составляет не менее 15 кг/сек. Вторая группа представлена Верхне-Кошелевскими фумаролами, выходящими в чашеобразном углублении к северо-западу от многоглавой вершины вулкана. Высота их выхода около 1400 м. Это самая мощная группа паровых струй в районе. Выход пара оценивается здесь величиной порядка 25 кг/сек.

На Камбальном хребте гидротермальная деятельность сосредоточена в его осевой зоне. Здесь, на высотах от 700 до 1000 м, протягивается почти 10-километровая полоса с большим числом рассредоточенных выходов паровых струй.

Условно они объединяются в две обширные группы: южную и северную. Суммарный вынос пара на Камбальном хребте ориентировочно равен 10 кг/сек.

Продолжение термальной зоны фиксируется в северо-западной части хребта на его склоне, где на отметке 300 м выходят Восточно-Паужетские паровые струи. Наконец, у северо-западного подножия хребта располагаются кипящие Паужетские источники. Само Паужетское месторождение будет подробно описано в последующих разделах.

Для паровых струй района характерны следующие особенности. В подавляющем большинстве случаев температура пара на выходе равна 97—98°, т. е. близка к точке насыщения. Лишь в одной мощной паровой струе на Верхне-Кошелевских фумаролах В. М. Сугробовым была замерена температура 124°, что свидетельствует о перегретом состоянии пара. В большинстве струй пар насыщен. Это объясняется тем, что почти всюду мы имеем дело не с «первичным», а с «вторичным» паром. Последний либо представляет собой продукт профильтровывания первичного пара через водосодержащие горизонты, либо образуется в результате кипения высокотермальных грунтовых вод, приобретших высокую температуру за счет поглощения первичного пара.

«Вторичный» пар распространен наиболее широко. Именно поэтому выходы пара локализуются по большей части в оврагах, ложбинах, к которым стягиваются грунтовые воды. В местах дренажа происходит их вскипание и отделение вторичных паровых струй. В процессе кипения в паровую фазу переходят растворенные в воде газы, принесенные вместе с первичным паром. В составе газов преобладает  $\text{CO}_2$ , концентрация которого

<sup>1</sup> Употребляя по отношению к пару термин «первичный», мы не вкладываем в него какого-либо генетического смысла. Этот пар является первичным лишь по отношению к тем паровым струям, которые выходят на поверхность.

достигает нескольких г/кг пара. Во всех паровых струях фиксируется также сероводород (десятки мг/кг), а также аммиак, азот и инертные газы. Депарированная вода собирается в термальные ручьи, известные почти на всех fumarольных полях. Дебит их достигает десятков литров в секунду. В ряде случаев, правда, термальные ручьи имеют иное происхождение и образуются при поверхностном смешении холодных снеговых ручьев с конденсатами пара на термальной площади.

Поскольку развитие овражной сети связано с высотным положением местных базисов эрозии, то и в расположении паровых струй также наблюдается определенная этажность. В частности, в районе Камбального хребта отчетливо выделяются верхний этаж на отметках 700—800 м, нижний — на 100—200 м и менее определенно промежуточный на отметках 300—400 м. С этими уровнями связаны не только выходы пара, но и участки гидротермально измененных пород.

Вопросы происхождения и формирования гидротерм в настоящее время еще нельзя считать всесторонне разработанными. Единое мнение по этим вопросам отсутствует. В то же время работы по использованию гидротерм вулканических областей в энергетических целях повлекли за собой ряд исследований, которые в какой-то мере приблизили нас к пониманию процессов формирования гидротерм, позволив отказать от ряда устаревших представлений.

Исследования последних лет показали, что мощные гидротермальные системы Камчатки и других вулканических областей приурочены к интенсивным тепловым аномалиям с удельным выносом тепла, в десятки и даже сотни раз превышающим средние показатели для Земли. В этом отношении район Паужетки не является исключением. Если отнести суммарный вынос тепла гидротермами к площади структур, на которых происходит их формирование, то удельный вынос тепла составит около  $1000 \text{ ккал/сек} \cdot \text{км}^2$ . Эта величина почти на два порядка выше средних показателей для Земли ( $12 \text{ ккал/сек} \cdot \text{км}^2$ ).

В верхних горизонтах земной коры перенос тепла с такой интенсивностью может быть реально обеспечен только с помощью пара. Этот вывод в настоящее время разделяется также многими зарубежными исследователями (Banwell, 1957; White, 1961), хотя происхождение этого глубинного пара трактуется по-разному. Признается также, что глубинный (или, как его большей частью называют, «эндогенный») пар является носителем газов и даже, как полагает Уайт (White, 1961), солей, таких, как хлористый натрий. Формирование гидротермальных систем происходит в результате смешения эндогенных эманаций с инфильтрационными водами в рамках конкретных гидрогеологических структур (рис. 4).

Подъему глубинного пара, по-видимому, немало способствуют зоны смятия и трещиноватости пород, которые фиксируются вдоль оси Камбального ядра и, вероятно, имеют место на Кошелевском вулкане. Однако можно предполагать, что фронт поднимающихся снизу горячих эманаций в общем значительно шире по площади, чем зона его поверхностного проявления. При приближении к поверхности, в неоднородных условиях по пути движения, происходит «дробление» единого фронта эманации на отдельные потоки.

Для проявления парогидротермальной деятельности решающее значение имеет соотношение между количествами поступающего снизу пара и холодных инфильтрационных вод, с которыми он смешивается. Для того, чтобы могли существовать вторичные паровые струи, необходимо, чтобы количество первичного пара было не меньше 1/6 по отношению к массе холодных вод. В противном случае температура смеси будет ниже  $100^\circ$  и вторичный пар образовываться не сможет. Это условие выдерживается в вершинных частях вулканических массивов и горных хребтов, т. е. на тех участках, где площадь водосбора ограничена и где отсутствуют мощ-

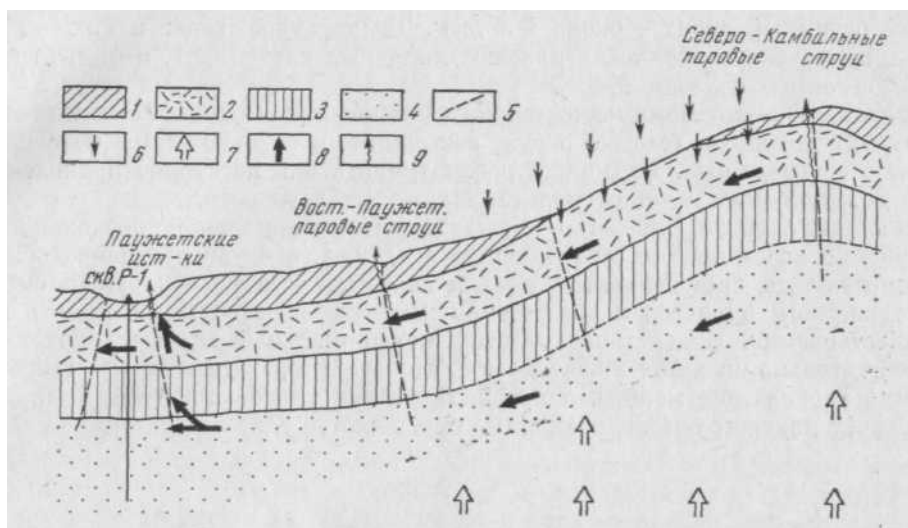


Рис. 4. Схема формирования и разгрузки Паужетских гидротерм

1 — алевропелитовый чехол; 2 — псефитовые туфы; 3 — спекшиеся туфы; 4 — туфопесчаники; 5 — разломы; с — инфильтрационные воды; 7 — эндогенный пар; 8 — высокотемпературные воды; 9 — паровые струи

ные грунтовые потоки. Поэтому парогидротермальная деятельность проявляется наиболее интенсивно на высоких отметках. Это (относится как к Камбальному хребту, так и к Кошелевскому вулкану (рис. 4).

Другим важным фактором, определяющим формирование высокотемпературных гидротерм, является состав пород и строение геологического разреза. Высокотемпературные гидротермы приурочены по большей части к комплексам пород с относительно низкими фильтрационными свойствами. В этих условиях не может происходить внедрение мощных потоков холодных инфильтрационных вод, которые охладили бы систему. Так, на Камбальном хребте паровые струи выходят лишь в тех местах, где отсутствует покров молодых трещиноватых лав. Последние содержат большое количество трещинных холодных вод, через которые пар не может пробиться к поверхности.

С другой стороны, вмещающим высокотемпературных гидротерм могут быть и породы с хорошей проницаемостью, если только они надежно изолированы от проникновения холодных вод вышележащими водоупорными слоями. Подобную роль верхнего водоупора играют алевропелитовые туфы Паужетской свиты на северо-западном склоне Камбального хребта, где они перекрывают псефитовые туфы, в которых циркулируют хлоридно-натриевые воды с температурой до 200°. Не случайно, по-видимому, на северо-восточном склоне хребта, где алевропелитовый чехол отсутствует, выходов термальных вод не наблюдается.

Потоки горячих эманаций, которые при подъеме вверх попадают в условия сильной обводненности пород, полностью поглощаются холодными водами и часто не могут быть обнаружены. При более благоприятных соотношениях они дают начало теплым углекислым источникам, выходящим на склонах вулканических массивов. Таковы источники Сивучинский и Медвежий, у подножия Кошелевского вулкана, и Тепловские — у подножия вулкана Камбального. На северном склоне Кошелевского вулкана теплые источники отсутствуют. Однако здесь имеется ряд выходов холодных трещинных вод, обогащенных  $\text{CO}_2$ , что, по-видимому, является следствием поглощения ими газопаровых эманаций. Максимальная концентрация  $\text{CO}_2$  — до 500 мг/л наблюдается в Средне-Паужетских источниках, имею-

щих огромный дебит — около  $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Температура воды в них —  $7^\circ \text{С}$ , т. е. несколько выше, чем в пресных холодных источниках, и не испытывает сезонных колебаний.

У северо-восточного подножия Камбального хребта, на оз. Витаминном, выходят холодные газовые струи, состоящие, в основном, из  $\text{CO}_2$  с примесью сероводорода. Их можно рассматривать как косвенное проявление существующей на глубине гидротермальной деятельности.

Таким образом, цифры о масштабах гидротермальной деятельности в районе исследования, приведенные в табл. 1, следует расценивать как минимальные. Они относятся лишь к видимым и легко обнаруживаемым проявлениям процесса и совершенно не учитывают скрытые формы его существования. В действительности гидротермальный процесс протекает в значительно больших масштабах. Следовательно, Паужетское месторождение располагает мощными потенциальными тепловыми ресурсами, достаточно надежно обеспечивающими перспективы его эксплуатации.